

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ПРОДУКЦИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР

Григорьев А.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

кафедра прикладной математики и информатики

E-mail: grigorie@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Grigoriev A.V. Productions types classification in intellectual CAD. In article is built a productions types classification on relation to: 1) prototypes authentications in parcels and productions withdrawals; 2) world models; 3) to withdrawal results.

1. Общая постановка проблемы.

В работе [1] был определен метод организация пространства поиска решений в специализированной инструментальной оболочке для создания интеллектуальных САПР - мета-эвристической оболочки (МЭО). Ранее в работе [2] был определен ряд принципов построения МЭО. К главным особенностям МЭО относится: 1) Использование семиотической модели [3] при представлении концептуальной модели предметной области МЭО; 2) Ориентации применяемой концептуальной модели предметной области (КМ ПрОб) на физическую семантику ПрОб; 3) Ориентация при обучении базы знаний комплекса на ограниченное количество имеющихся в наличии апробированных на практике моделей - прототипов сложных объектов данной предметной области; 4) Задание признаков объектов (генотипа) как идентификаторов подмножества структурных элементов, явно определяющих его структуру (т.е. фенотип); 5) Грамматический подход к представлению описаний моделей.

В соответствии с изложенным подходом в работе [4] были изложены общие принципы организации вывода в базе знаний МЭО. Кратко их можно охарактеризовать следующим образом:

1) Модульный принцип представления знаний;

2) Представление базы знаний как И-ИЛИ-дерева с определенными над ним продукциями;

3) Классификация продукций по:

А) связи "посылки" с И-ИЛИ-деревом;

Б) связи "посылки" с пользователем - проектировщиком;

В) связи "вывода" с И-ИЛИ-деревом;

Г) допустимым направлениям вывода между "посылкой" и "выводом".

Недостатком данного изложения является отсутствие определение типа продукции по отношению:

- наличия или отсутствия прямой идентификации прототипов в узлах И-ИЛИ-дерева;

- отношения продукций к заданной или формируемой модели мира;

- описания результата вывода, в том числе количества получаемых по данному ТЗ решений, их близости к искомому решению, описание дальнейших действий пользователя.

2. Постановка задач исследования.

Т.о., для построения полного описания метода формирования базы знаний в МЭО необходимо выполнить уточнение данной классификации продукций в соответствии с общепринятыми и специфическими свойствами. Решение данной задачи предполагает определение типов продукции по отношению:

- наличия или отсутствия прямой идентификации прототипов в узлах И-ИЛИ-дерева;

- отношения продукций к заданной или формируемой модели мира;

- описания результата вывода, в том числе количества получаемых по данному ТЗ решений, их близости к искомому решению, описание дальнейших действий пользователя и т.д.

Такая классификация может быть условно названа классификацией продукций по отношению к прототипам.

3. Краткое изложение ранее полученных результатов

3.1. Метод представления знаний в МЭО

В соответствии с работой [1] кратко изложим метод организации представления знаний в МЭО. Принятая в МЭО КМ ПрОб предполагает наличие явно введенной внутренней границы блока (включающей как подмножество и внешнюю границу блока), что позволяет рассматривать внутреннюю среду блока как замкнутый одноуровневый набор связей. Предлагаемый путь представления знаний основан на выполнении теоретико-множественных операций (ТМО) - объединение, пересечение, дополнение и разность - над имеющимися прототипами как совокупностями "обобщенных" связей внутренней среды. Т.о. обучение, т.е. формирование базы знаний, выполняется автоматически, без участия пользователя. Рассмотрим пример. Пусть имеется некоторое множество прототипов, входящих в тип блоков А: $A = (P_1 \vee P_2 \vee P_3)$. На рис. 1 показана обобщенная схема типа А, построенная в рамках предлагаемой концептуальной модели.

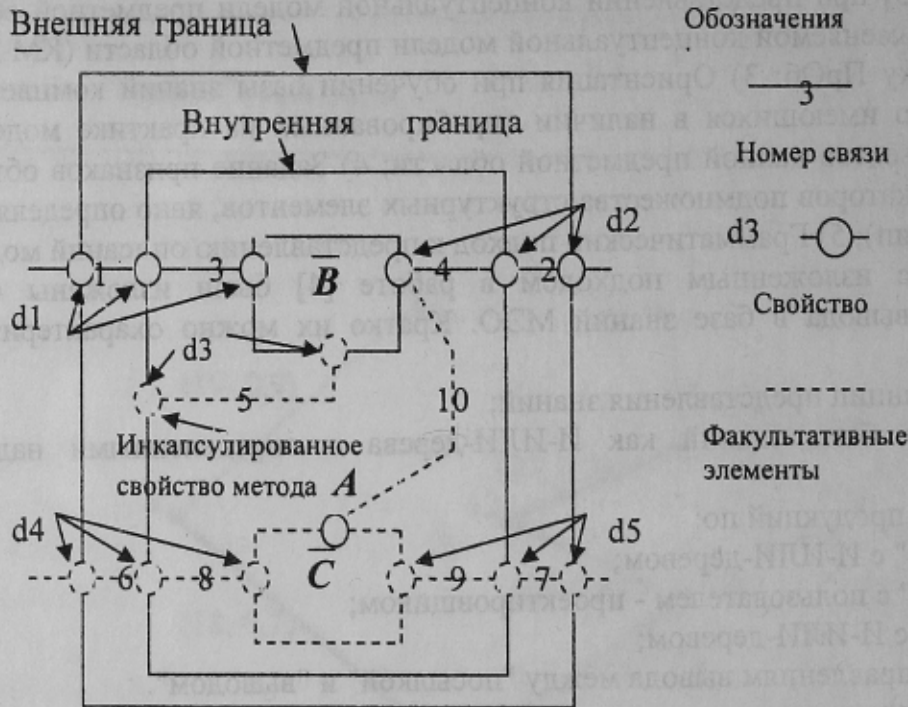


Рисунок 1 - Обобщенная схема типа А

Результат выполнения теоретико-множественных операций над совокупностями "обобщенных" связей (далее - просто связей), образующими данные прототипы, составляет ряд подмножеств @j, определяющих некоторые части внутренней среды прототипов. При этом:

$$P_1 = @1 \& @2; P_2 = @1 \& @2 \& @3; P_3 = @2 \& @3; @1 = 5; @2 = 1 \& 2 \& 3 \& 4; @3 = 6 \& 7 \& 8 \& 9 \& 10.$$

Тут 1,2... - сквозные номера оригинальных связей, определенные в пределах всего типа блоков. Преобразуем множество прототипов А к форме И-ИЛИ-дерева:

$$A = (P_1 \vee P_2 \vee P_3) = H1 \& @2; H1 = @1 \vee @3 \vee H2; H2 = @1 \& @3.$$

На рис. 2 изображено полученное И/ИЛИ дерево. В скобках показаны номера прототипов, входящих в данную вершину, числами заданы номера связей, стрелками показан порядок декомпозиции узлов. Номера прототипов в вершинах неявно задают продукционные зависимости для ИЛИ-узлов, используемые при выводе с целью синтеза (выбора).

необходимых прототипов в САПР. Семантика зависимостей такова: "если в данном ИЛИ-синтерме (узле) удалить вариант (признак), включающий прототип К, то прототип К должен быть удален во всех прочих узлах". С учетом названных зависимостей А может быть определен как идентификатор модуля знаний о структуре внутренней среды объектов типа А. Детально механизм вывода описан в [2]. Кратко суть вывода в таких условиях может быть охарактеризована следующими положениями:

- множество обликов возможных систем, составляющих возможные технические задания – это множество комбинаций альтернатив всех ИЛИ-узлов;
- синтез решения, т.е. задание ТЗ производится в диалогом режиме;
- для оптимизации процесса вывода используется специальный критерий выбора следующего ИЛИ-узла – вопроса, обеспечивающий сокращение длительности процесса задания ТЗ и снижения сложности вопросов, задаваемых пользователю.

Общий подход к синтезу гипотез предполагает, что автоматически формируется декартово произведению всех составляющих всех ИЛИ-синтермов, входящих в И-ИЛИ-дерево. Описанный выше порядок вывода может быть охарактеризован как монотонный вывод без предварительных допущений [4], на базе одной модели мира.

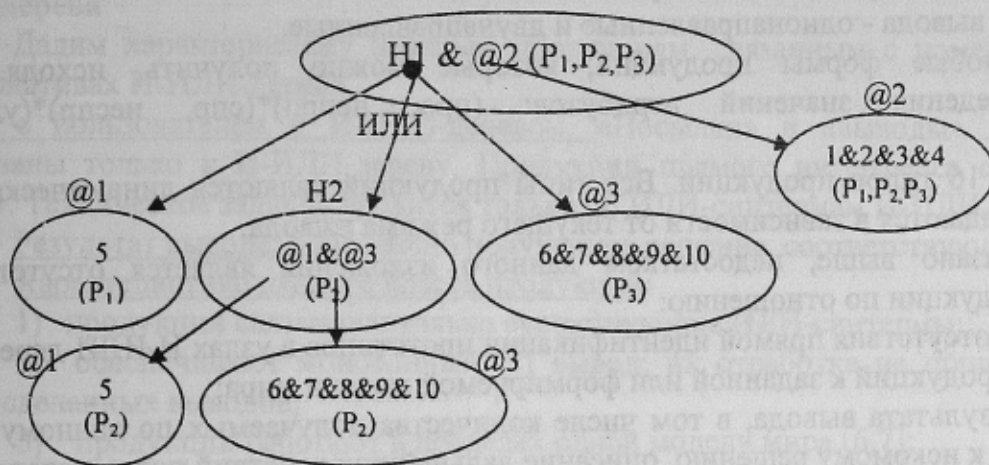


Рисунок 2 - Форма И-ИЛИ-дерева

3.2. Общий подход к построению базы знаний

Основой представления знаний есть модуль знаний - т.е. БЗД о структурном блоке. Модуль включает знания о: 1) внешней среде блока; 2) внешней границе блока; 3) связи внешней и внутренней границы блока; 4) связи внутренней границы блока и внутренней среды.

"Типичный" процесс синтеза структуры блока по модулю знаний состоит в построении его структуры, исходя из:

- 1) заданной внешней среды;
- 2) дополнительной информации об особенностях самого блока.

Этапы синтеза по модулю:

- среда блока-модуля как список связей;
- связи, с помощью статической базы данных, где хранятся именованные структуры (границы, среды блоков), формируют список блоков, входов-выходов и список их агрегаций.

База знаний это:

1) И-ИЛИ-дерево, т.е. упорядоченное множество синтермов по И и по ИЛИ; все синтермы имеют адрес в И-ИЛИ-дереве;

2) Множество семантических двунаправленных зависимостей между ИЛИ-синтермами, описывающими их совместимость между собой, т.е. правил вывода или продукций.

"Куча" это:

1) Список всех синтермов по ИЛИ, т.е. альтернатив в их исходном, полном виде, взятым из исходного И-ИЛИ-дерева ("полная" куча);

2) Множество продукций.

При этом:

1) все альтернативы имеют адреса, по которым можно найти их положение в И-ИЛИ-дерева;

2) по их абсолютным адресам в И-ИЛИ-дерева формируется их относительный порядок между собой;

3) И-синтермы не входят в кучу;

4) куча формируется при начале вывода как копия всех ИЛИ-синтермов.

Продукции могут иметь различные значения четырех параметров, определяющих механизм управления их срабатыванием. Данные параметры задают отношения между различными составляющими продукций и системы управления выводом, т.е. - посылки, вывода и кучи. Возможные отношения:

1) посылки с "кучей" - проверяющие и не проверяющие;

2) посылки с пользователем - спрашивающие и неспрашивающие;

3) вывода с "кучей" - удаляющие и прибавляющие;

4) посылки и вывода - однонаправленные и двунаправленные.

Допустимы любые формы продукций, которые можно получить, исходя из декартового произведения значений атрибутов: (про, непро)*(спр, неспр)*(удал, приб)*(одно, дву).

Т.е. возможно 16 типов продукций. Все типы продукций являются динамическими характеристиками и задаются в зависимости от текущего режима вывода.

Как было сказано выше, недостатком данного изложения является отсутствие определение типа продукции по отношению:

1)наличия или отсутствия прямой идентификации прототипов в узлах И-ИЛИ-дерева;

2)отношения продукций к заданной или формируемой модели мира;

3) описания результата вывода, в том числе количества получаемых по данному ТЗ решений, их близости к искомому решению, описание дальнейших действий пользователя.

Сделаем уточнение данной классификации продукций. Такая классификация может быть условно названа классификацией продукций по отношению к прототипам.

4. Решение задачи и результаты исследований.

Выполним поставленную задачу, т.е. определим классификацию продукций по отношению к прототипам. В избранной модели представления знаний возможны следующие варианты наличия или отсутствия прямой идентификации прототипов в узлах И-ИЛИ-дерева:

1)Явная идентификация прототипов: ИЛИ-синтермам соответствует список явно введенных прототипов;

2)Неявная идентификация прототипов продукциями: - список явных прототипов отсутствует; - прототипы неявно задаются продукциями, связывающими подмножества альтернатив в ИЛИ-синтермах, и задающими зависимость "возможных" и "невозможных" комбинаций признаков прототипов;

3) Отсутствие идентификации прототипов:

- список явных прототипов отсутствует, как и во втором случае;

- отсутствует задание продукциями, связывающими подмножества альтернатив в ИЛИ-синтермах, зависимостей "возможных" и "невозможных" комбинаций признаков прототипов.

Следовательно, могут иметь место такие типы продукций по отношению к прототипам:

- 1) Неявные продукции, связанные с номерами прототипов в альтернативах И-ИЛИ-дерева;
- 2) Явные продукции для прототипов, связывающие отдельные ИЛИ-альтернативы зависимостями по вхождению в один прототип;
- 3) Явные продукции для ТЗ, имеющие отношение к определению постановки задачи и к выбору предметной области.

Рассмотрим их детально. При этом будем выполнять определение данных типов продукции по:

- 1) Общеизвестным свойствам:

- типу необходимого вывода (монотонный, немонотонный);
- отношению продукции к заданной или формируемой модели мира;

- 2) Специфическим свойствам:

- связи с пользователем и И-ИЛИ-деревом;
- отношению к техническому заданию;
- описанию результата вывода, в том числе количеству получаемых по данному ТЗ решений и т.д.

3.1. Неявные продукции, связанные с номерами прототипов в альтернативах И-ИЛИ-дерева

Дадим характеристику неявным продукциям, связанным с номерами прототипов в альтернативах И-ИЛИ-дерева.

Связь с пользователем и И-ИЛИ-деревом. «Посылки» и «выводы» данных продукций привязаны только к И-ИЛИ-дереву. Продукции прямого интерфейса с пользователем не имеют. Техническое задание вводится только по ИЛИ-синтермам И-ИЛИ-дерева.

Результат вывода: однозначно полученное решение, соответствующее данному ТЗ.

Характеристика данного класса продукций:

- 1) продукции связывают только существующие ИЛИ-синтермы;
- 2) обеспечивают монотонный [5] вывод; их отработка не приводит к пересмотру ранее сделанных выводов;
- 3) продукции работают в пределах одной модели мира [6,7];
- 4) число прототипов в И-ИЛИ-дереве ограничено исходным набором, заложенным при обучении.

Например, для рассмотренного И-ИЛИ-дерева, выбор альтернативы @1 («существует») в синтерме H1, что соответствует выбору прототипа P₁, предполагает невозможность одновременного выбора (в случае, если пользователь желал бы сделать неоднозначный выбор) альтернатив @3 и H2 («не существуют»). Соответствующие однонаправленные продукции:

$$@1 \rightarrow \neg H2; @1 \rightarrow \neg @3. \quad (1)$$

3.2. Явные продукции по вхождению в один прототип

Возможны следующие типы явных продукций для прототипов, связывающих отдельные ИЛИ-альтернативы зависимостями по вхождению в один прототип:

- 1) "тогда и только тогда", т.е. альтернативы включают только один прототип, и это тот же самый прототип;
- 2) "возможно", т.е. альтернатива – «посылка», неявно относящаяся к ряду прототипов, связывается в «выводе» отношением "возможно совместное использование" с другими альтернативами, в которых имеется любое непустое подмножество рассмотренного ряда прототипов;
- 3) "не возможно", т.е. альтернатива - "посылка", неявно относящаяся к ряду прототипов, связывается в "выводе" отношением "не возможно совместное использование" с другими альтернативами, в которых нет никакого подмножества рассмотренного ряда прототипов из «посылки».

Связь с пользователем и И-ИЛИ-деревом.

«Посылки» и «выводы» данных продукций привязаны только к И-ИЛИ-дереву.

Продукции прямого интерфейса с пользователем не имеют. Техническое задание вводится только по ИЛИ-синтермам И-ИЛИ-дерева.

Результат вывода: неоднозначно полученное решение, соответствующее данному ТЗ. Т.е. получается некоторое подмножество возможных множество решений, среди которых возможно есть решение, полностью соответствующее ТЗ и являющееся прототипом из базового набора для неявных продукций. Среди данного множества решений, включающего изобретения, может быть выполнена редукция по семантическим и технологическим ограничениям [8]. Дальнейший выбор решения падает на пользователя.

Характеристика данного класса продукций:

1) продукции связывают только существующие ИЛИ-синтермы;
2) обеспечивают немонотонный вывод; их отработка приводит к пересмотру ранее сделанных выводов;

3) продукции работают в пределах одной модели мира;

4) множество составляющих, входящих в описание структуры блока, ограничено по критерию ограничения когнитивной сложности; поэтому число новых прототипов, возникающих из-за недостаточного полного набора продукций, по количеству невелико.

Например, для рассмотренного выше И-ИЛИ-дерева, в случае, если отсутствуют списки прототипов у альтернатив, необходимы соответствующие явно вводимые продукции. Т.о., эксперт по знаниям, если считает нужным, явно указывает, что выбор альтернативы @1 («существует») в синтерме Н1, что соответствует неявному выбору прототипа Р1, предполагает невозможность одновременного выбора (в случае, если пользователь желал бы сделать неоднозначный выбор) альтернатив @3 и Н2 («не совместимы»). Т.е. продукции (1) вводятся явно.

3.3. Явные продукции для ТЗ, имеющие отношение к определению постановки задачи, к выбору предметной области

Явные продукции для ТЗ, имеющие отношение к определению постановки задачи, к выбору предметной области можно классифицировать следующим образом:

1) "добавляющие безусловные" продукции, предназначены для формирования первоначальной кучи – исходного И-ИЛИ-дерева;

2) "добавляющие условные" продукции, предназначенные для формирования как первоначальной кучи, так и для ее доопределения по некоторым условиям;

3) "удаляющие условные" продукции, предназначенные как для удаления из кучи подмножества решений, не соответствующих уточненной постановке задачи, так и для ее условной редукции.

Связь с пользователем и И-ИЛИ-деревом. Продукции в данном случае могут иметь прямой интерфейс с пользователем посредством «посылок». «Выводы» данных продукций привязаны по прежнему только к И-ИЛИ-дереву и направлены на его изменение или формирование. Однако, «посылки» данных продукций могут быть привязаны не только к И-ИЛИ-дереву, но задавать самостоятельное И-ИЛИ-дерево, не связанное с И-ИЛИ-деревом - кучей. Техническое задание вводится как через «прямые посылки» продукций так и через ИЛИ-синтермы И-ИЛИ-дерева.

Результат вывода: неоднозначно полученное решение, соответствующее данному ТЗ; т.е. получается некоторое возможных множество решений, среди которых возможно есть решение, полностью соответствующее ТЗ и являющееся прототипом из базового набора для неявных продукций. Среди данного множества решений, включающего изобретения, может быть выполнена редукция по семантическим и технологическим ограничениям [8]. Дальнейший выбор решения падает на пользователя.

Характеристика данного класса продукций:

- 1) продукции могут связывать как существующие в куче ИЛИ-синтермы, так и не существующие, т.е. порождаемые;
- 2) обеспечивают немонотонный вывод; их отработка приводит к пересмотру ранее сделанных выводов;

3) формируют различные модели мира;

4) множество составляющих, входящих в описание структуры блока, ограничено по критерию ограничения когнитивной сложности [7]; поэтому число новых прототипов, возникающих из-за недостаточного полного набора продукций, по количеству невелико.

Например, можно ввести продукцию, порождающую рассмотренное выше И-ИЛИ-дерево как первоначальный шаг, формирующий модель мира. Т.е. продукция

«истина» $\rightarrow A = N1 \& @2; N1=@1 \vee @3 \vee N2; N2=@1 \& @3$ и т.д.

вводит явно начальное И-ИЛИ-дерево. Аналогично, могут вводиться и списки прототипов у альтернатив. И, соответственно, данное И-ИЛИ-дерево в дальнейшем может изменяться прочими продукциями, использующими идентификацию прототипов как явно, так и не явно.

Выводы. В данной работе изложена более полная классификация продукций в инструментальной оболочке по построению интеллектуальных САПР. Классификация выполняется по признакам: 1) Наличия или отсутствия прямой идентификации прототипов в узлах И-ИЛИ-дерева; 2) Общеизвестным свойствам: типу необходимого вывода (монотонный, немонотонный); отношению продукций к заданной или формируемой модели мира; 3) Специфическим свойствам: связи с пользователем и И-ИЛИ-деревом; отношению к техническому заданию; описанию результата вывода, в том числе количеству получаемых по данному ТЗ решений и т.д.

Полученные результаты дают более полное представление о методах организации базы знаний в МЭО. В качестве перспективных направления исследований можно назвать:

- 1) Задание конкретных алгоритмов формирования множества семантических зависимостей над ИЛИ-синтермами в И-ИЛИ-дереве, при определении множества имеющих смысл "производных" прототипов;
- 2) Определение конкретных форм организации диалога с пользователем при задании технического задания.

Литература

1. Григорьев А.В. Организация пространства поиска решений в специализированной оболочке для создания интеллектуальных САПР. Вісник ТРТУ-ДонГТУ. Матеріали 2-го міжд. н.-т. семінара "Практика і перспективи інституціонального партнерства". Донецьк, ДонГТУ, 2001, N1, С.57-68.
2. Григорьев А.В. Семиотическая модель базы знаний САПР. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10: Донецьк, ДонГТУ, 1999. — С. 30-37.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. - 288 с.
4. Григорьев А.В. Принципы организации вывода решений в базе знаний инструментальной оболочки для создания интеллектуальных САПР. Известия ТРТУ-ДонНТУ. Матеріали 4-го міжд. н.-т. семінара "Практика і перспективи інституціонального партнерства". Донецьк-Таганрог, ДонНТУ, 2003, N3, Т.1, С.96-106.
5. Doule J. A truth maintenance system. 1979. Artificial Intelligence, 12, p.231-272.
6. De Kleer J. An assumption based TMS. 1986. Artificial Intelligence, 28, p.127-162.
7. Григорьев А.В. Адаптивная система ограничений на сложность при синтезе новых решений в интеллектуальных САПР. Искусственный интеллект. N 2, 2001, С. 152-167.